

(19)

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

## KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: **1020000039036**  
(43)Date of publication of application: **05.07.2000**

A

(21)Application number: **1019980054233**  
(22)Date of filing: **10.12.1998**

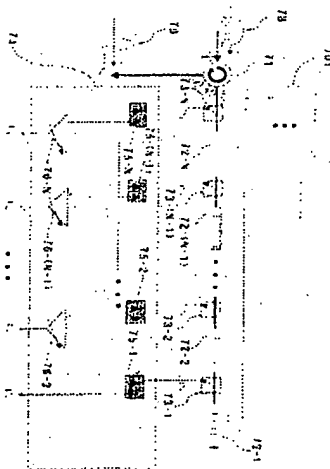
(71)Applicant: **LG INFORMATION & COMMUNICATIONS LTD.**  
(72)Inventor: **JUNG, JAE HUN**

(51)Int. Cl. **H04B 10/17**

**(54) MODULE FOR MONITORING WDM OPTICAL CHANNEL AND COMPENSATING DISPERSION, AND OPTICAL AMPLIFIER INCLUDING THE SAME**

**(57) Abstract:**

**PURPOSE:** A module for monitoring WDM (Wavelength Division Multiplexed) optical channel and compensating dispersion, and an optical amplifier including the same are provided to decrease the area of hardware and design costs by obtaining the module simultaneously performing dispersion compensating function and optical monitoring function by using chirped FBG(Fiber Bragg Grating) element. **CONSTITUTION:** A module compensates the dispersed and distorted WDM signal according to the corresponding optical channel by using one or more chirped FBG element(72-1, 72-2...) and monitors by converting the optical power information of the compensated optical channel signals to electrical signal. WDM amplifier optically amplifies the dispersion compensated signal for long distance transmission, adjusts the gain and output power of the amplifier by using the signal channel monitored, removes a noise light by the limited band width of each FBG element, and flattens the gain characteristic of whole optical amplifier.



COPYRIGHT 2000 KIPO

Legal Status

Date of request for an examination (19981210)  
Notification date of refusal decision (00000000)  
Final disposal of an application (registration)  
Date of final disposal of an application (20010625)  
Patent registration number (1003026340000)  
Date of registration (20010704)  
Number of opposition against the grant of a patent ( )  
Date of opposition against the grant of a patent (00000000)  
Number of trial against decision to refuse ( )  
Date of requesting trial against decision to refuse ( )

공개특허특2000-0039036

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(51) Int. Cl. 6  
H04B 10/17(11) 공개번호 특2000-  
(43) 공개일자 0039036  
2000년07월05일(21) 출원번호 10-1998-0054233  
(22) 출원일자 1998년12월10일(71) 출원인 엘지정보통신 주식회사 서평원  
서울특별시 강남구 역삼동 679  
(72) 발명자 장재훈  
경기도 군포시 산본동 1120 주몽아파트 1003-1601  
(74) 대리인 안문환

심사청구: 있음

## (54) WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈 및 그 모듈을 포함한 광증폭기

## 요약

본 발명은 파장분할다중(Wavelength Division Multiplexed; WDM) 전송망의 유지 보수 및 관리 기술에 관한 것으로서, 특히 광채널 모니터링 기능 및 분산 보상 기능을 수행하는 모듈에 관한 것이다. 본 모듈은 하나 이상의 처핑된 FBG 소자를 이용하여 분산왜곡된 WDM 광신호를 해당 광채널별로 분산 보상하고, 상기 분산 보상된 각각의 광채널신호의 광전력 정보를 전기신호로 변환하여 모니터링 한다. 본 모듈은 두 기능을 동시에 수행함은 물론 하드웨어 면적 및 비용 면에서 효율적이다.

또한, 본 발명은 본 모듈을 포함하여 구성된 WDM 광증폭기에 관한 것으로서, 분산보상된 신호를 광증폭하여 장거리 전송에 이용하고, 채널 모니터링된 신호를 이용하여 증폭기의 이득과 출력 파워를 조정할 수 있으며, 각 FBG소자의 제한된 대역폭으로 인해 잡음광을 제거시킬 수 있으며, 광증폭기 자체의 이득특성을 고려하여 처핑된 FBG소자의 배열 순서를 정해주면, 전체 광증폭기의 이득 특성을 평탄화 할 수 있다.

## 대표도

도7

## 명세서

## 도면의 간단한 설명

- 도 1은 일반적인 분산 보상 기술의 구성도,
- 도 2는 일반적인 광채널 모니터링 기술의 구성도,
- 도 3은 종래의 분산보상 광섬유(DCF)를 이용한 분산보상 기술의 개략도,
- 도 4는 종래의 처핑된 광섬유 브래그 격자(Chirped FBG)소자를 이용한 분산보상 기술의 개략도,
- 도 5는 종래의 분광소자를 이용한 광채널 모니터링 기술의 개략도,
- 도 6은 종래의 톤 주파수를 이용한 광채널 모니터링 기술의 개략도,
- 도 7은 본 발명에 따른 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈의 1실시예에 대한 구성도,

도 8은 도 7의 광채널 모니터링 회로에 대한 세부 블록도,  
 도 9는 도 7을 포함한 WDM 광증폭기의 구성도,  
 도 10은 도 9의 광증폭기의 잡음 억제 효과를 보여주는 스펙트럼도,  
 도 11은 도 9의 광증폭기의 이득 평탄성 향상의 효과를 보여주는 스펙트럼도,  
 도 12는 본 발명에 따른 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈의 2실시예에 대한 구성도이다.

#### <도면 주요 부분에 대한 부호의 설명>

71: 서큘레이터  
 72-1~72-N: 처핑된 광섬유 브래그 격자(Chirped FBG)소자  
 73-1~73-N: 탭커플러  
 74: 광채널 모니터링 회로 75-1~75-N: 광전변환기  
 76-2~76-N: 가변 감산기 PD: 광검출기

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

##### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 파장분할다중(Wavelength Division Multiplexed; WDM) 전송망의 유지 보수 및 관리 기술에 관한 것으로서, 특히 광채널 모니터링 기능 및 분산 보상 기능을 수행하는 모듈에 관한 것이다.

또한, 본 발명은 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈을 포함하여 구성된 WDM 광증폭기에 관한 것이다.

WDM 방식은 한 가닥의 광섬유에 서로 다른 파장의 광신호를 다중화하여 전송하는 광통신 방식으로 데이터 전송용량을 극대화 할 수 있는 장점으로 인해 전세계적으로 널리 이용되고 있다. 여러 채널의 광신호가 공존하는 WDM 방식에서는 각 채널의 상태를 파악하는 것이 전송망의 효율적인 운용 및 관리를 위해 매우 중요하여 광채널 모니터링은 필수적인 사항이다.

또한, WDM 방식에서 전송용량을 증가시키기 위해서 다중화하는 광채널 수를 늘리거나 각 광채널의 전송속도를 증가시켜야 한다. 광채널의 전송속도를 증가시킬 경우 각 광신호의 주파수 선포이 넓어져 광섬유의 분산에 의한 신호 왜곡이 심각해진다. 따라서, 대용량 WDM 전송 시스템에서 분산보상 기술과 광채널 모니터링 기술은 핵심적인 기술로 이들의 효과적인 구현을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

광섬유에서 분산(dispersion)이라 함은 광파장에 따라 광섬유를 전파하는 속도가 달라져서 생기는 광파의 흩어짐 현상을 말한다. 분산보상기술은, 이러한 광섬유의 분산으로 인해 발생된 광신호 왜곡을 보상하기 위해서, 전송 광섬유의 분산값과 반대의 분산값을 갖는 광소자를 이용하여, 광신호가 경험하는 전체 분산값이 '0'에 가깝도록 하는 것이다.

도 1은 일반적인 분산 보상 기술의 구성도이다. 광송신단(11)에서 송출된 광신호는, 전송매체인 단일모드광섬유(11)(Single Mode Fiber ;SMF)를 통해 진행하고, 전송시 분산으로 인해 왜곡된 신호를 보상하기 위한 분산 보상용 광소자(13)를 진행한 후 광수신단(14)에서 검출된다. 여기서, SMF(12)와 분산보상용 광소자(13)의 위치는 서로 바뀔 수 있다.

광채널 모니터링 기술이란 여러 채널의 광신호가 다중화되어 있는 시스템(WDM시스템)에서 각 채널 광신호의 정보(예컨대, 광신호 전력)를 얻을 수 있게 하는 기술을 의미한다. 이 기술은 WDM 시스템에서 망 운용, 관리, 및 제어 뿐만 아니라 광증폭기의 성능향상에 있어 매우 중요한 역할을 한다.

도 2는 일반적인 광채널 모니터링 기술의 구성도이다. 광섬유를 통해 전송되는 모니터링하고 싶은 WDM 광신호(21) 중 일부를 탭핑하여(22)(즉, 신호의 전송에는 영향이 없을 정도로 적은 양의 신호를 분리해내서), 광채널을 모니터링하는 회로(23)에 제공한다. 광채널 모니터링 회로(23)에서는 탭핑된 광신호로부터 각 채널들의 정보를 획득한다(24). 이때, 얻어지는 각 채널의 정보(24)는 전기 신호로 검출되는 데, 대부분은 각 채널의 광전력을 나타내는 정보이다.

이제, 도 3내지 도 4를 통해 종래의 분산보상기술의 구성 및 작용을 설명한다.

도 1에서의 분산 보상용 광소자(13)로는 분산보상 광섬유(Dispersion Compensating Fiber; DCF)와 처핑된 광섬유 브래그 격자(Chirped Fiber Bragg Grating; Chirped FBG)소자가 있다.

도 3은 종래의 DCF를 이용한 분산보상 기술의 개략도로서, 광송신단(31), SMF(34), DCF(36), 및 광수신단(38)으로 구성된다. 광송신단(31)에서의 광파에 정보를 실으므로써 생기는 파장 성분들( $\lambda$

$\sim \lambda_H$ )(광신호의 스펙트럼(32)참조)은, 전송되기 이전에는, 참조번호 33에서 보는 바와 같이, 주어진 펄스폭 안에 국한되어 있다. 그러나, 송신단의 광신호들은 전송 매체인 SMF(34)를 통해 전파됨에 따라 분산의 영향으로 인해 광펄스폭이 넓어지게 된다(참조번호 35). 이때, SMF의 분산 계수  $D$

$D_{SMF}(ps/nm/km) > 0$ 이다. 이제 분산보상 광소자인 DCF(36)는 왜곡된 광신호(35)를 보상하여 원래의 광신호 펄스(37)를 광수신단(38)으로 제공한다. 이때, DCF의 분산계수  $D$

$D_{DCF}(ps/nm/km) < 0$ 이고,  $I_{SMF} \cdot D_{SMF} + I_{DCF} \cdot D_{DCF} = 0$  이다(여기서,  $I_{SMF}$ 는 SMF의 길이,  $I_{DCF}$ 는 DCF의 길이).

이렇게, SMF(34)와 DCF(36)의 분산합이 '0'에 가깝도록 설정되도록 하면, 광수신단(38)에서는 왜곡없는 광신호를 얻을 수 있다.

도 4는 종래의 처핑된 FBG소자를 이용한 분산보상 기술의 개략도로서, 분산보상모듈(41)은 채널분산보상용 처핑된 FBG소자(42)와 서큘레이터(43)로 구성된다. 상기 처핑된 FBG소자(42)는 광섬유에서 격자(grating)를 새기는 데 있어서, 처핑(chirping)을 주어 광파의 파장에 따라 반사되는 경로를 길게하거나 혹은 짧게 할 수 있다. 예컨대,  $\lambda$

은 긴 경로를,  $\lambda_0$ 은 중간 경로를,  $\lambda_H$ 는 짧은 경로를 반사하도록 할 수 있다. 이와 같이, 반사 경로에 따라 FBG소자에 생기는 분산을 조절할 수 있으므로, FBG소자의 분산값은 SMF의 분산값과 반대값을 갖도록 하여 분산왜곡을 보상할 수 있다. 여기서, FBG소자는 격자를 이용하기 때문에 보상된 광신호가 반사파 형태로 얻어지게 된다. 따라서, 보상된 광신호를 추출하기 위해서는 서큘레이터와 같은 방향성 광소자를 이용해야 한다.

도 4에서 보는 바와 같이, 서큘레이터(43)의 ①번 포트에 입사된 신호는 분산 왜곡된  $\lambda_0$  채널의 광신호로서, 45-1은 시간영역에서의 SMF 전송후 왜곡된  $\lambda_0$  채널의 광신호의 펄스 모양이고, 45-2는 주파수영역에서의 WDM 광신호의 스펙트럼이다.

왜곡된 광신호는 서큘레이터(43)의 ②번 포트에 출력되어 처핑된 FBG소자(42)에 의해 각 파장별로 서로 다른 반사 경로를 거치면서, 반사파로 분산보상된 후, 다시 서큘레이터의 ③번 포트에 출력된다. 한편, FBG소자의 분산보상 대역폭( $\lambda$

$\sim \lambda_H$ )이외의 광신호는 FBG소자 격자의 영향을 받지 않기 때문에 그대로 통과되며, 그 출력 스펙트럼은 47과 같다.

현재 분산보상용 광소자로서 DCF가 상업적으로 사용되고 있으나, FBG소자 기술 개발이 급속히 발전함에 따라 FBG소자가 향후 손실, 사이즈, 가격 측면에서 월등한 우위를 차지할 것으로 기대된다. 최근에는 FBG소자형태의 분산보상모듈이 상업적으로 공급되고 있는 실정이다.

이제, 도 5내지 도 6을 통해 종래의 광채널 모니터링 기술의 구성 및 작용을 설명한다.

도 5는 종래의 분광소자를 이용한 광채널 모니터링 기술의 개략도이다. SMF를 통해 전송된 WDM 광신호(51)를 모니터링 하기 위해서 일부를 탭핑하고(52), 그 탭핑된 신호를 분광 소자(53)를 이용하여 각 채널 파장별로 분리해 낸다( $\lambda$

$\sim \lambda_N$ ).

각 채널 신호( $\lambda_1 \sim \lambda_N$ )는 해당 광/전 변환기(optical to electric converter ; O/E)를 통해 전기 신호( $V_1 \sim V_N$ )로 변환된다. 이 전기 신호를 이용하여 각 광채널의 신호 전력을 측정할 수 있다. 여기서, 분광소자로는 배열 도파관 격자(Arrayed Waveguide Grating)나, 벌크 격자(Bulk Grating)와 같은 광학 필터가 주로 사용된다.

도 6은 종래의 톤 주파수(tone frequency)를 이용한 광채널 모니터링 기술의 개략도이다. 각 광송신단(TX1~TXN)에서 각 채널의 광신호( $\lambda$

$\lambda_1 \sim \lambda_N$ ) (정보 채널, 수 GHz를 갖음)를 신호의 변조 주파수 보다 훨씬 낮은 특정 주파수( $f_1 \sim f_N$ ) (톤 주파수라함, 수십 kHz를 갖음)로 디더링(dithering)한다(60). 각 광송신단(TX1( $\lambda_1$

$\lambda_1 \sim \lambda_N$ ))에서 각 채널의 광신호( $\lambda_1 \sim \lambda_N$ )와 해당 톤 주파수( $f_1 \sim f_N$ )는 광다중화기(61)를 통해 다중화되어 전송된다. 채널 모니터링을 위해 탭핑된 WDM광신호(63)는 광전변환(O/E) 및 전기적 필터링 모듈(64)로 제공되고, 각 톤 주파수( $f_1 \sim f_N$ )에

해당하는 전기신호들( $V_1 \sim V_N$ )로 출력된다. 이 전기 신호( $V_1 \sim V_N$ )는 해당 각 채널( $\lambda_1 \sim \lambda_N$ )의 광전력 정보를 나타내므로 채널을 감시할 수 있다. 이와 같이 톤 주파수를 이용한 방법은 예컨대 Lucent 와 같은 WDM전송장비에서 사용된다.

이상에서 살펴본 종래의 분산보상기술 및 광채널 모니터링 기술은 그 기능이 상이하고, 실제로 구현된 모듈의 크기 또한 적지 않기 때문에, 각각이 독립된 유닛으로 구현되고 있으며, 독립적으로 WDM 전송장비에 실장되고 있는 형편이다. 물론, 톤 주파수를 이용한 광채널 모니터링 기술은 다른 방식에 비해 구현된 모듈의 크기가 크지 않기 때문에 광증폭기 내부에 구현 가능하다. 그러나, 사용하는 WDM 광신호가 고정되어 정해진 톤 주파수들로만 디더링되어야 하는 제약으로 인해 일반적인 사용에는 제한적인 단점이 있다.

#### 발명이 이루고자하는 기술적 과제

이에, 본 발명은 상기의 제 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, FBG소자를 이용하여 분산 보상된 신호로부터 각 채널의 광전력을 전기신호(전압)로 변환시킴으로써, 광채널 모니터링 기능 및 분산보상 기능을 동시에 수행하는 모듈을 제공하는 데 그 목적이 있다.

또한, 본 발명의 다른 목적은 광채널 모니터링 기능 및 분산보상 기능을 동시에 수행하는 모듈을 WDM용 광증폭기 내부에 설치할 정도로 작게 제작하도록 하여, 광증폭기의 잡음을 억제하는 물론, 전체 광증폭기의 이득 평탄화 효과를 얻는 데 있다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈은, 분산으로 왜곡된 WDM 광신호를 해당 광채널별로 분산 보상하기 위한 수단; 및 상기 분산 보상된 각각의 광채널신호의 광전력 정보를 전기신호로 변환하여 모니터링 하기 위한 광채널 모니터링 수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.

상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 광증폭기는, 분산으로 왜곡된 WDM 광신호를 해당 채널별로 분산 보상하기 위한 수단; 및 상기 분산 보상된 각 채널신호를 광전력에 비례하는 전기 신호로 변환하는 수단을 포함하며; 상기 분산 보상된 신호를 증폭하여 장거리 전송하고, 상기 각 채널의 전기 신호를 이용하여 채널 모니터링하는 것을 특징으로 한다.

#### 발명의 구성 및 작용

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 자세히 설명한다. 본 발명에 따른 광채널 모니터링 및 분산 보상 모듈은 이하에서 종종 본 모듈이라 할 것이다.

도 7은 본 발명에 따른 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈의 1 실시예에 대한 구성도이다.

본 모듈은 분산 왜곡을 보상을 위한 서큘레이터(71), 처핑된 FBG소자 배열단(72-1~72-N), 및 복수개의 탭커플러(73-1~73-N), 광채널을 모니터링 하기 위한 광채널 모니터링 회로(74)로 구성된다.

서큘레이터(71)는 적은 손실로 입사되는 분산 왜곡된 WDM 광신호를 상기 처핑된 FBG소자 배열단(72-1~72-N)으로 전달하고, 상기 처핑된 FBG소자 배열단(72-1~72-N)에 의해 분산보상된 반사파 형태의 WDM 광신호를 다른 광섬유로 전달한다.

처핑된 FBG소자 배열단(72-1~72-N)은 WDM 광신호의 채널 수 만큼이 직렬로 배열되고, 각 채널( $\lambda_i$ )에 할당된 FBG

소자(72-i)는 해당 채널의 분산 왜곡된 광신호를 보상한다.

복수개의 탭 커플러(73-1~73-N)는 각 처핑된 FGB(72-1~72-N)의 앞단에 배치되며, 각 처핑된 FGB소자에 의해 반사된 WDM 광신호의 일부를 탭핑하여 상기 광채널 모니터링 회로(74)에 전달한다.

광채널 모니터링 회로(74)는 상기 탭핑된 신호로부터 각 광채널의 광전력 정보를 전기 신호로 변환한다.

이어서, 도 7 내지 도 8을 참조하여 본 실시예의 작용을 설명한다.

도 7을 참조하면, 분산으로 왜곡된 WDM광신호(N개의 채널일 경우, 각 중심파장이  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ )(78)가 서큘레이터(71)의 ①번 포트에 입사되어 정해진 방향에 따라 ②번 포트에 입사된다. 상기 서큘레이터(71)의 ②번 포트에는 N번째 채널 보상을 위한 FGB소자(72-N), N-1번째 채널 보상을 위한 FGB소자(72-(N-1)), ..., 2번째 채널 보상을 위한 FGB소자(72-2), 1번째 채널 보상을 위한 FGB소자(72-1)가 직렬로 순서대로 연결되어 있다. 또한, 각 FGB소자의 앞단에는 반사된 보상된 각 채널을 탭핑하기 위한 해당 탭커플러(73-N~73-1)가 배치되어 있다.

서큘레이터(71)의 ②번 포트에 입사된 분산왜곡된 WDM광신호는 N개의 독립된 처핑된 FGB소자에 의해 각 채널의 신호가 독립 분산 보상되어, 반사파 형태로 서큘레이터(71)의 ②번 포트에 되돌아간다. 이때, 각 FGB소자는 각기 할당된 채널의 신호만 반사파 형태로 보상하고 나머지 채널은 통과시키므로, 채널별 반사 형태는 참조번호 701과 같다. 예컨대, 채널1( $\lambda_1$ )

은 FGB소자(72-1)에서 반사되고, 채널2( $\lambda_2$ )는 FGB소자(72-2)에서 반사되고, ..., 채널N-1( $\lambda_{N-1}$ )은 FGB소자(72-(N-1))에서 반사되고, 채널 N( $\lambda_N$ )은 FGB소자(72-N)에서 반사된다.

반사파 형태로 서큘레이터(71)의 ②번 포트에 전달된 분산보상된 WDM 광신호는 서큘레이터(71)에 의해 ③번 포트에 전달되어 분산 보상을 완료한다. 분산보상된 WDM 광신호의 시간영역 스펙트럼은 79와 같다.

이제, 광채널 모니터링 기능을 수행하기 위해서, 상기 서큘레이터(71)와 FGB소자(72-N)의 사이에, 또 각 FGB소자(72-(N-1)~72-1)의 사이에 삽입된 탭커플러(72-N~72-1)를 통해 반사된 채널 신호의 일부를 탭핑한다. 이때, 통과 손실이 적도록 탭핑 비율이 적은(예컨대, 1% 이내로) 탭 커플러를 사용하고 광섬유 연결은 가능한 한 스플라이싱(splicing)으로 한다.

상기 각 탭커플러(72-N~72-1)에 의해 탭핑된 각 FGB소자에 의해 반사된 광신호 정보는 광채널 모니터링 회로(74)로 전달된다. 광채널 모니터링 회로는, 도 7에서 보는 바와 같이, 각 탭핑신호를 전압으로 전환하는 복수개의 광전변환기(75-N~75-1)와, 각 변환된 광전신호로부터 해당 채널의 광전력 신호를 계산하기 위한 복수개의 가변 감산기(76-N~76-2)로 구성된다. 상기 각 광전변환기(75-N~75-1)는 탭핑신호를 광검출기(PD)에 의해 검출하여 그 광전력을 선형적인 관계에 따라 전압값으로 전환한다. 상기 각 가변 감산기(76-N~76-2)는 각 PD의 반응성 차이와 탭 커플러의 손실에 의한 채널별 차이 등을 보정하기 위하여 입력 전압비를 조절할 수 있다.

광채널 모니터링 회로의 구체적인 작용은 도 8을 통해 설명한다.

도 8을 참조하면, 1번째 채널을 위한 FGB소자(72-1)의 앞단에 위치한 탭커플러(73-1)로부터 탭핑된 광신호는, FGB소자(72-1)에서 반사된 신호이므로 1번째 채널( $\lambda_1$ )의 광신호이다. 이  $\lambda_1$

광신호를 광전변환기(75-1)를 통해 전기신호로 변환하면 1번 채널의 광전력( $P_1$ )에 해당하는 전기신호( $V_1$ )를 바로 획득할 수 있다 ( $V_1 \propto P_1$ ).

다음에, 2번째 채널을 위한 FGB소자(72-2)의 앞단에 위치한 탭커플러(73-2)로부터 탭핑된 광신호는, FGB소자(72-1)와 FGB소자(72-2)에서 반사된 신호이므로 1번째 채널( $\lambda_1$ )과 2번째 채널( $\lambda_2$ )의 광신호가 함께 포함되어 있다. 따라서, 이것을 광전변환기(75-2)를 통해 전기신호로 변환시키면 1,2번 채널들의 광전력 합에 해당하는 전기 신호를 얻을 수 있다( $V$

$\propto (P_1 + P_2)$ ). 여기서, 일반적인 광전변환은 광전력과 전기신호의 관계가 선형적이므로, 1,2번 채널들의 광전력합에 해당하는 전기신호에서 이전에 얻은 1번 채널의 광전력에 해당하는 전기신호를 감산해주면 2번 채널만의 광전력에 해당하는 전기신호를 획득할 수 있다( $V$

$\propto V_1 = V_2 \propto P_2$ ). 이를 위해 전기적인 감산기(76-2)를 채용한다.

마찬가지로, N번째 채널 위한 FBG소자(72-N)의 앞단에 위치한 탭커플러(73-N)로부터 탭핑된 광신호는,  $\lambda$

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ 의 광신호이다. 이 광신호를 광전변환기(75-N)를 통해 전기신호로 변환하면 1, 2, ..., N번째 채널들의 광전력합에 해당하는 전기신호를 획득할 수 있다(V

$1+2+\dots+N \propto (P_1 + \dots + P_N)$ ). 이제, 전기적 감산기(76-N)를 통해 1, 2, ..., N번째 채널들의 광전력합에서 1, 2, ..., N-1번째 채널들의 광전력합을 빼주면, N번째 채널만의 광전력에 해당하는 전기신호를 획득할 수 있다(V

$N \propto P_N$ ).

이상과 같은 원리에 따라 채널수에 해당하는 N개의 광전변환기와, N-1개의 감산기를 이용하여, 각 채널의 광전력 정보를 전기적 신호로 획득할 수 있다. 여기서, 미설명된 저항이나 증폭기는 탭 커플러에 의한 손실과 광전변환기의 각기 다른 광전특성을 보상하기 위한 조정기능이 전자회로적으로 구현된 것이다.

도 9는 도 7에서 개시된 본 모듈을 포함한 WDM 광증폭기의 구성도이다.

광증폭기(900)는 고성능 장거리 WDM 광증폭기로서, WDM입력광신호를 증폭하는 광증폭1단(901), 증폭된 WDM신호의 광채널로 모니터링하고 동시에 분산 보상하기 위한 본 모듈(902), 분산 보상된 WDM광채널을 증폭하는 광증폭2단(903), 상기 광증폭2단(903)의 이득을 제어하는 광증폭기제어회로(904), 및 상기 본 모듈(902)의 각 광채널 광전력에 해당하는 전기신호( $V_1 \sim V_N$ )를 디지털 변환하여 외부의 시스템 주제어장치(930)로 제공하는 A/D변환부(905)로 구성된다.

도 9에서와 같이, 본 모듈(902)이 광증폭기 내부에 구현되면, 도 10에 도시된 바와 같이, 증폭기의 잡음을 억제하는 데 도움이 된다. 즉, 도 10에서 (a)광증폭1단의 출력(92)과 (b)본 모듈의 출력(93)을 비교해보면 알 수 있듯이, 각 FBG소자의 제한된 대역폭으로 인해 그 대역 밖의 잡음 광이 걸러지므로, 광증폭기의 잡음 특성이 좋아지는 효과가 있다.

또한, 광증폭기 내부에 본 모듈(902)이 구현되는 경우, 처핑된 FBG의 연결 순서에 따라 본 모듈에 의해 경험하게 되는 손실이 광채널별로 달라지는 현상을 이용하여 이득 평탄성이 좋은 광증폭기를 구현할 수도 있다. 다시 말하면, 도 7의 (701)에서 보인 바와 같이, 처핑된 FBG의 배열 순서에 따라 특정 채널이 경험하게 되는 탭커플러의 개수 등이 차이가 나기 때문이다.

도 11에 도시한 바와 같이, 광증폭2단(903, 도 9참조)의 이득 특성이 1101 이라 하자. 그리고, 이 증폭기의 이득 특성을 고려하여 처핑된 FBG의 배열 순서를 정하여서 얻은 본 모듈(902)의 출력이 1102 과 같다고 하자. 그러면, 전체 광증폭기(900)의 출력은  $\lambda$

$\lambda_1$ 은 증폭되고,  $\lambda_N$ 은 감소되어 1103 과 같이 이득 특성이 평탄해 질 수 있다.

이상과 같이, 본 모듈을 광증폭기 내부에 구현하면, N채널의 분산 왜곡된 WDM 광신호를 분산 보상할 뿐만 아니라 채널 모니터링된 신호를 이용하여 증폭기의 이득과 출력 파워 조정에 이용할 수 있을 것이다.

도 12는 본 발명에 따른 본 발명에 따른 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 장치의 2실시예에 대한 구성도이다. 본 2실시예는 처핑된 FBG의 분산 대역폭이 여러 채널을 수용할 수 있을 정도로 넓을 때 유용할 수 있다. 즉, 분산 대역이 허락하는 범위 내에서 모니터링하는 부분을 나눌 수 있다.

도 12를 참조하면, 본 모듈은 3포트를 갖는 서큘레이터(1201)와 서큘레이터(1201)의 ②번 포트에 직렬 연결된 2개의 분산보상을 위한 광대역 처핑된 FBG소자(1202, 1203)를 포함한다. 광대역 처핑된 FBG소자(1202)는 1번째 채널부터 N/2번째 채널( $\lambda$

$\lambda_1 \sim \lambda_{N/2}$ )의 분산보상을 담당하고, 광대역 처핑된 FBG소자(1203)는 N/2+1번째 채널부터 N번째 채널( $\lambda_{N/2+1} \sim \lambda_N$ )의 분산보상을 담당한다. 따라서, 도 7의 FBG 배열단(72-1~72-N)에 비해 분산 보상된 광신호의 탭 커플러와 많은 처핑된 FBG소자에 의한 손실을 줄일 수 있는 장점이 있다.

2개의 서브 FBG 그룹(1205, 1206)은 상기 2개의 처핑된 FBG소자(1202, 1203)로부터 각각 분산 보상된 채널그룹을 각 채널별로 모니터링 하기 위한 복수개의 FBG소자로 구성된다. 상기 복수개의 FBG소자는 분산기능을 필요로 하지 않으므로, 처핑된 FBG소자 대신에 일반적인 반사형태의 FBG소자를 채용한다.



광채널 모니터링 회로(1210)는 상기 2개의 서브 FBG그룹(1205, 1206)의 각 FBG소자로부터의 해당 채널 광신호를 모니터링 하기 위한 전기 신호( $V_1 \sim V_N$ )를 출력한다. 이것은 도 8에서 설명한 광채널 모니터링 회로(74)와 동일한 원리에 의해 구현될 수 있다.

모든 FBG소자의 앞단에는 FBG소자에 의해 반사된 채널 신호의 일부를 탭핑하기 위한 탭커플러(미도시)가 배치되어 있다.

본 2실시예의 작용을 설명하면 다음과 같다.

분산 보상 과정은, 분산왜곡된 WDM광신호(N채널:  $\lambda_1 \sim \lambda_N$ )는 서큘레이터(1201)의 ①번 포트에 입사되어 ②번 포트에 출력되고 광대역 처핑된 FBG 소자(1202, 1203)에 의해 분산 보상된다. 분산 보상된 WDM 광신호는 반사파 형태로 얻어지며 상기 서큘레이터(1201)의 ③번 포트에 되돌아가서 ④번 포트에 출력된다.

광채널 모니터링 과정은, 처핑된 FBG소자(1202, 1203)으로부터 분산 보상된 채널을 탭핑하여, 각 채널별로 광전력에 해당하는 전기신호를 획득한다. 실제로, 처핑된 FBG소자(1202)의 앞단에서 탭핑된 신호는 채널  $\lambda_1 \sim \lambda_{N/2}$  광신호이고, 처핑된 FBG소자(1203)의 앞단에서 탭핑된 신호는 채널  $\lambda_1 \sim \lambda_N$  광신호이다.

서브 FBG그룹(1205)은 각 채널  $\lambda_1 \sim \lambda_{N/2}$  광신호를 각각 반사하기 위한 복수개의 FBG소자가 직렬로 연결되어 있으며, 그 FBG소자 앞단에서 반사된 채널을 탭핑하여 광채널 모니터링 회로(1210)로 제공한다.

예컨대,  $\lambda_1$  채널용 FBG소자에 의해 반사되어 탭핑된 신호는 채널  $\lambda_1$  광신호이고,  $\lambda_2$  채널용 FBG소자에 의해 반사되어 탭핑된 신호는 채널  $\lambda_1, \lambda_2$  광신호를 포함하고, ...,  $\lambda_{N/2}$  채널용 FBG소자에 의해 반사되어 탭핑된 신호는 채널  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N/2}$  광신호를 모두 포함한다.

서브 FBG그룹(1206)은 서브 FBG그룹(1205)과 동일한 구조를 갖으며 동일하게 작용한다. 즉, 각 채널  $\lambda_{N/2+1} \sim \lambda_N$  광신호를 각각 반사하고, 그 FBG소자 앞단에서 반사된 채널을 탭핑하여 광채널 모니터링 회로(1210)로 제공한다.

광채널 모니터링 회로(1210)에서는 도 8에서 설명된 바와 같이, 광전력과 전기신호의 선형적 관계에 따라 해당 탭핑된 광신호를 전기신호로 변환한다. 변환된 전기 신호가 소정개의 채널의 광전력 합으로 얻어진 경우에는, 하나의 특정 채널만의 전기신호를 추출하기 위해 해당 전기 신호를 감산해준다.

본 발명은 상기에 기술된 실시예들에 의해 한정되지 않고, 당업자들에 의해 다양한 변형 및 변경을 가져올 수 있으며, 이는 첨부된 청구항에서 정의되는 본 발명의 취지와 범위에 포함된다.

#### 발명의 효과

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 따른 처핑된 FBG 소자를 이용하여 분산 보상 기능 및 광채널 모니터링 기능을 동시에 수행하는 모듈을 구현함으로써, 그 하드웨어 면적 및 설계 비용 측면에서 장점이 있다.

또한, 광증폭기의 성능 향상에 필수적인 상기 두 기능을 수행하는 본 모듈은 소형 제작이 가능하고, 이를 광증폭기 내에 수용할 수 있으므로, 고성능 장거리 WDM 광증폭기 개발에 응용될 수 있다.

추가로, 본 모듈을 포함한 광증폭기는 분산보상 뿐만 아니라, 채널 모니터링된 신호를 이용하여 증폭기의 이득과 출력 파워를 조정할 수 있다.

게다가, 본 모듈을 포함한 광증폭기는 각 FBG소자의 제한된 대역폭으로 인해 잡음광을 제거시킬 수 있으므로 잡음특성이 향상되는 효과가 있다.

또한, 본 모듈을 포함한 광증폭기는, 광증폭기 자체의 이득특성을 고려하여 처핑된 FBG소자의 배열 순서를 정해주면, 전체 광증폭기의 이득 특성을 평탄화 할 수 있는 효과도 있다.

**(57) 청구의 범위****청구항1**

분산으로 왜곡된 WDM 광신호를 해당 광채널별로 분산 보상하기 위한 수단; 및

상기 분산 보상된 각각의 광채널신호의 광전력 정보를 전기신호로 변환하여 모니터링 하기 위한 광채널 모니터링 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈.

**청구항2**

제 1 항에 있어서, 상기 분산 보상 수단은 해당 광채널의 분산을 보상하여 반사파 형태로 제공하는 것을 특징으로 하는 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈.

**청구항3**

제 2 항에 있어서, 상기 분산 보상 수단은

해당 광채널의 분산을 보상하는 복수개의 처핑된 FBG소자; 및

분산왜곡된 WDM광신호를 상기 복수개의 처핑된 FBG 소자로 제공하고, 상기 반사파 형태로 제공되는 상기 보상된 WDM광신호를 추출하기 위한 서큘레이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈.

**청구항4**

제 3 항에 있어서, 상기 복수개의 처핑된 FBG 소자는 WDM 광신호의 채널 수만큼이 직렬 연결되어 구성되는 것을 특징으로 하는 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈.

**청구항5**

제 3 항에 있어서, 상기 광채널 모니터링 수단은 상기 전기신호가 몇 개의 광채널의 광전력합을 포함할 경우, 특정 채널의 광전력만을 추출하기 위해 해당 전기신호를 감산하기 위한 복수개의 감산기를 포함하는 것을 특징으로 하는 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈.

**청구항6**

제 4 항에 있어서, 상기 광채널 모니터링 수단은 상기 복수개의 처핑된 FBG소자의 앞단에 삽입되어, 반사된 신호의 일부를 탭핑하는 복수개의 탭커플러; 및

상기 탭핑된 광신호를 전기신호로 각각 변환하는 복수개의 광전변환기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈.

**청구항7**

제 6 항에 있어서, 상기 광채널 모니터링 수단은 상기 복수개의 탭커플러에 의한 손실 및 상기 복수개의 광전변환기의 각기 다른 광전특성을 보상하기 위한 조정 가능한 전자회로를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈.

**청구항8**

제 1 항에 있어서, 상기 분산 보상 수단은 분산왜곡된 복수개의 WDM광채널을 분산 보상할 수 있을 정도의 넓은 분산 대역폭을 갖는 하나이상의 광대역 처핑된 FBG 소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈.

**청구항9**

제 8 항에 있어서, 상기 광채널 모니터링 수단은,

상기 하나이상의 광대역 처핑된 FBG소자에 의해 분산 보상된 복수개의 WDM광채널을 반사파 형태로 제공받아 각각의

광채널별로 분리하는 하나이상의 분리 그룹; 상기 하나이상의 분리 그룹은 하나의 특정 파장만을 반사시키는 복수개의 FBG 소자들이 직렬 연결되어 구성되며;

상기 복수개의 FBG 소자들에 의해 반사된 신호의 일부를 탭핑하는 복수개의 탭커플러;

상기 탭핑 신호를 전기 신호로 변환하여, 상기 전기신호가 몇 개의 광채널의 광전력합을 포함할 경우, 특정 채널의 광전력만을 추출하기 위해 해당 전기신호를 감산하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 WDM 광채널을 모니터링하고 분산을 보상하는 모듈.

#### 청구항10

분산으로 왜곡된 WDM 광신호를 해당 채널별로 분산 보상하기 위한 수단; 및

상기 분산 보상된 각 채널신호를 광전력에 비례하는 전기 신호로 변환하는 수단을 포함하며;

상기 분산 보상된 신호를 증폭하여 장거리 전송하고,

상기 각 채널의 전기 신호를 이용하여 채널 모니터링하는 것을 특징으로 하는 광증폭기

#### 청구항11

제 10 항에 있어서, 상기 각 채널의 전기 신호에 따라 상기 광증폭기의 증폭이득을 제어하는 수단을 더 포함하여, 전체 광증폭기의 이득 특성을 평탄화 시키는 것을 특징으로 하는 광증폭기.

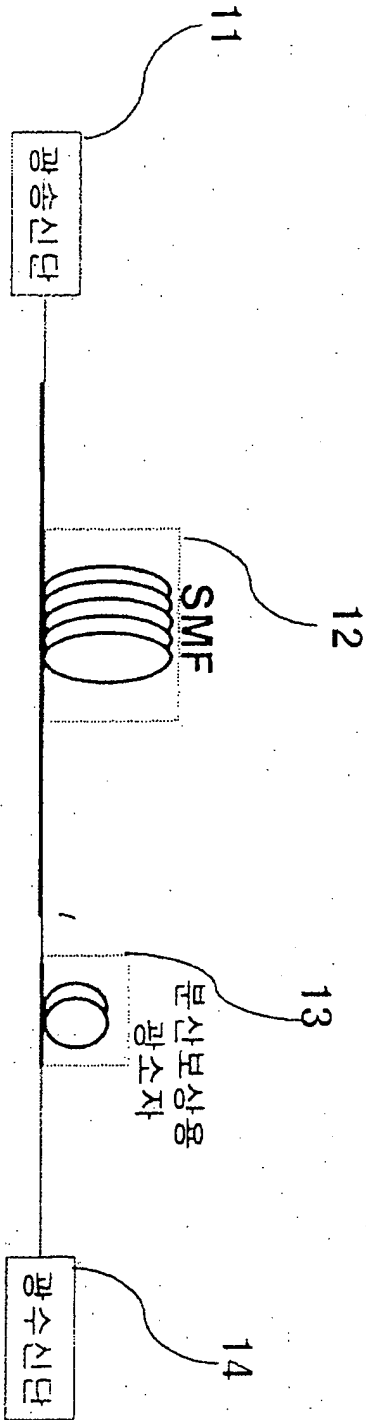
#### 청구항12

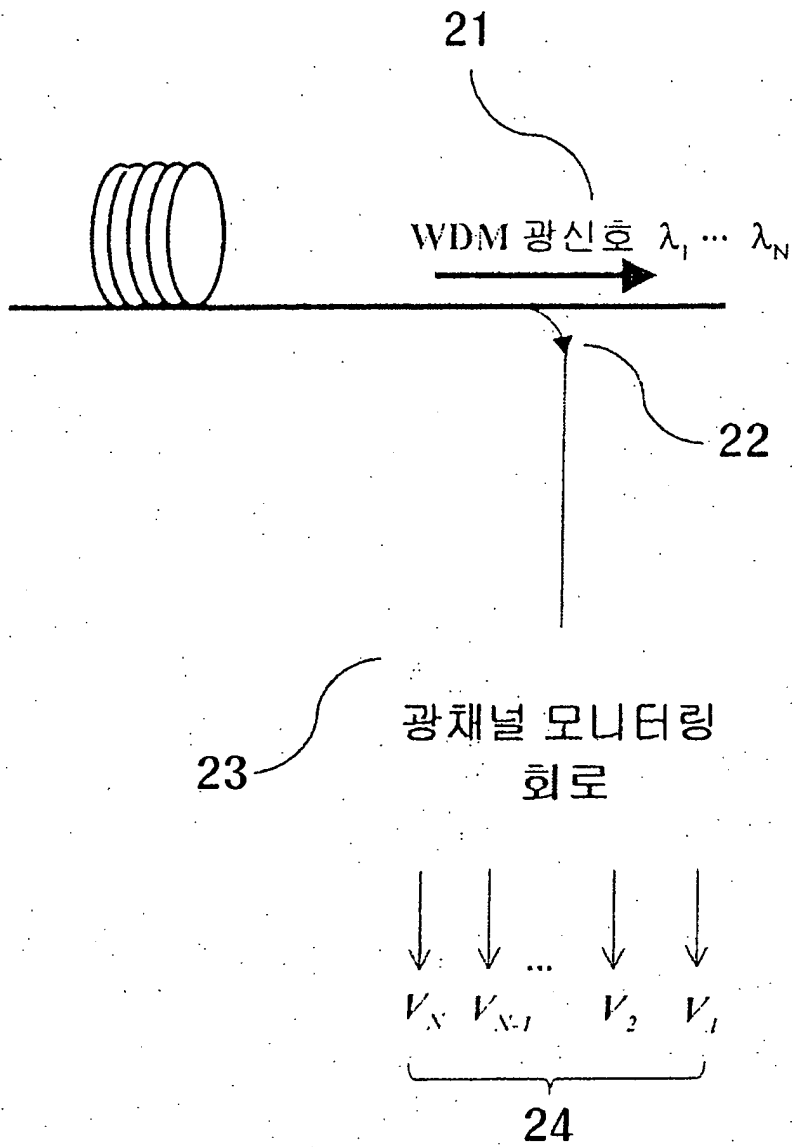
제 10항에 있어서, 상기 분산 보상 수단은 하나이상의 특정 채널을 분산 보상하여 반사파 형태로 출력하는 복수개의 FBG 소자가 직렬로 연결되며,

각 FBG소자의 연결 순서를 조정함에 따라 각 채널의 삽입 손실의 차이를 조절 가능하도록 된 것을 특징으로 하는 광증폭기.

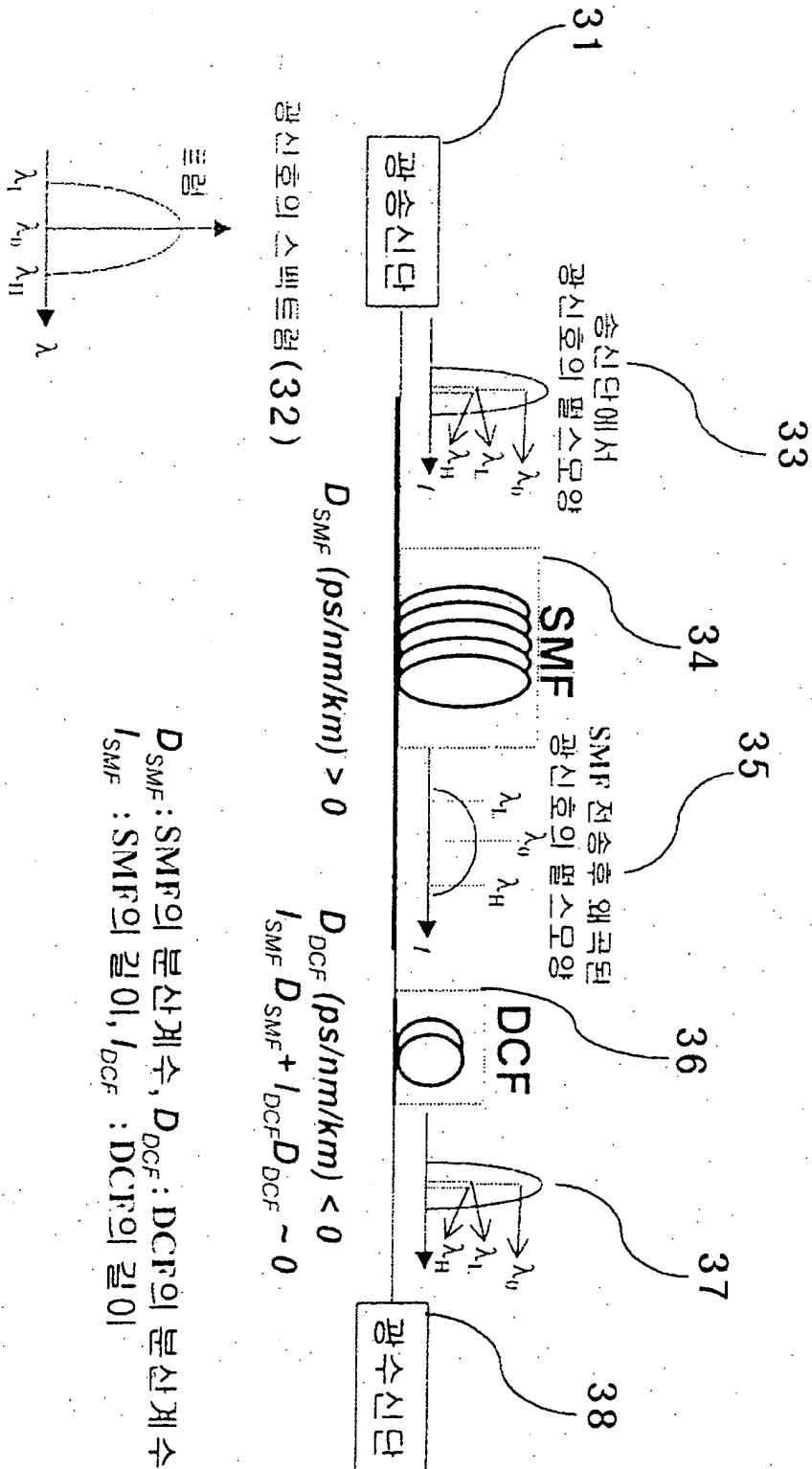
도면

도면1

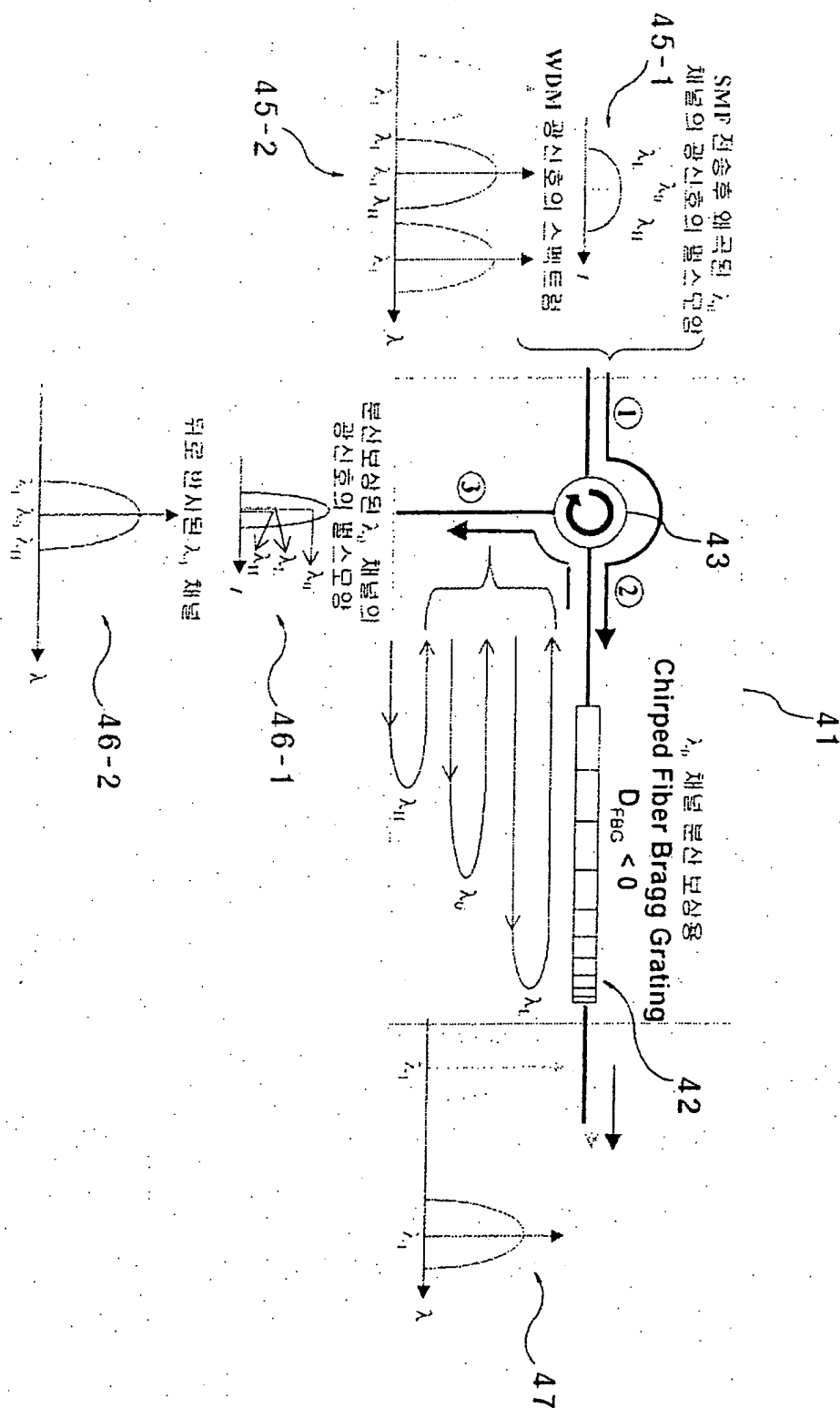




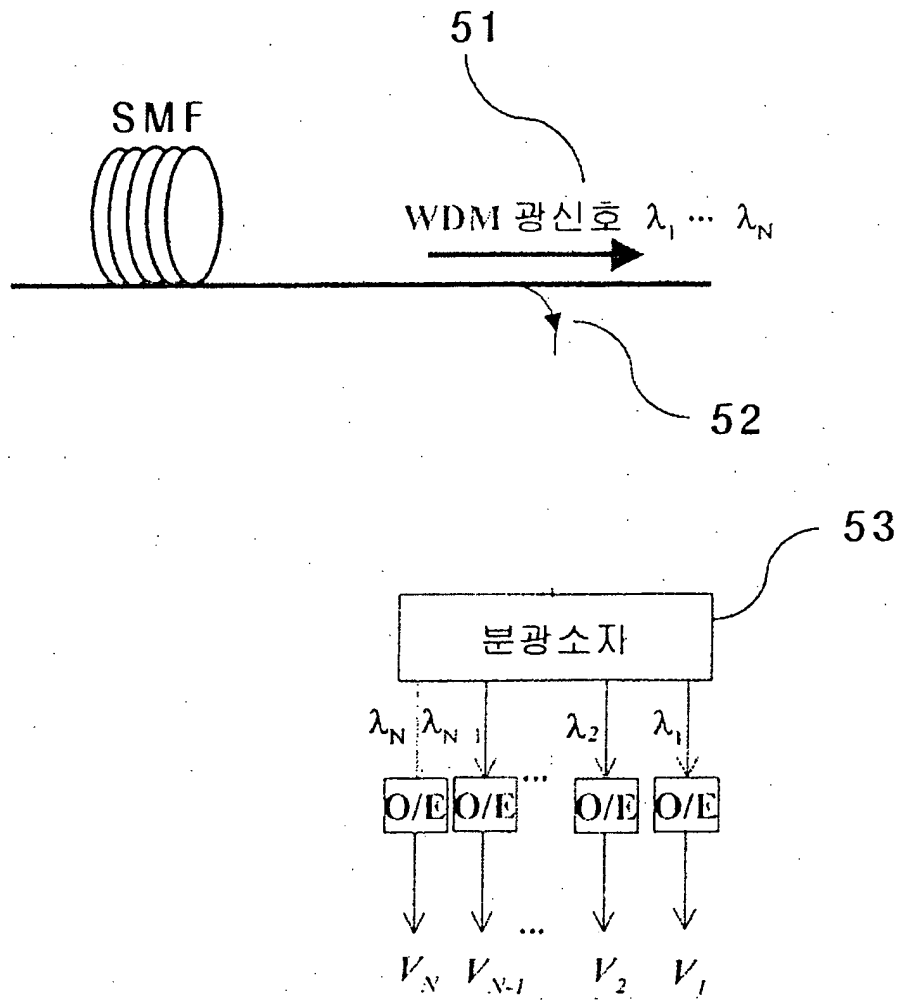
도면



도 4

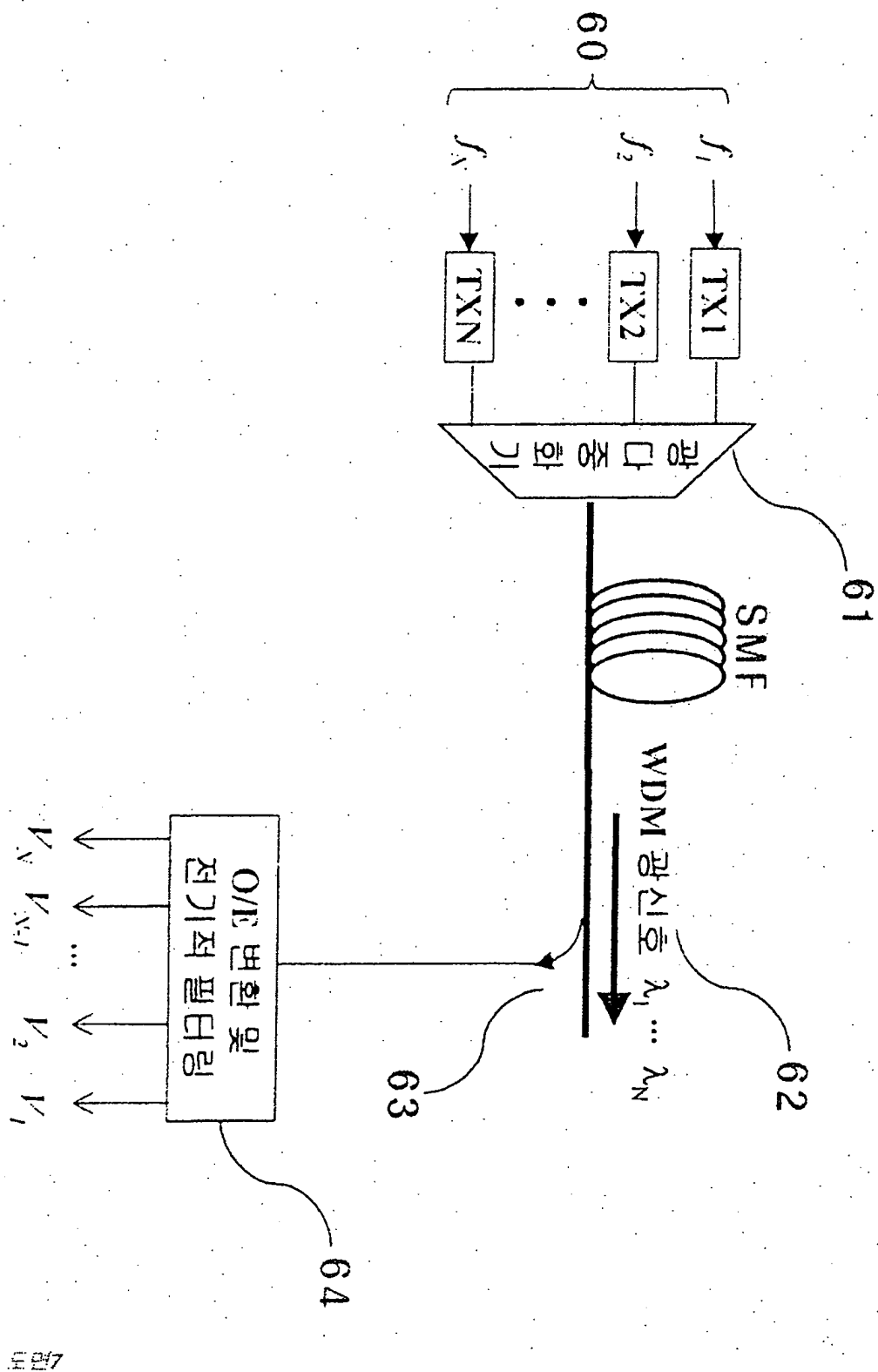


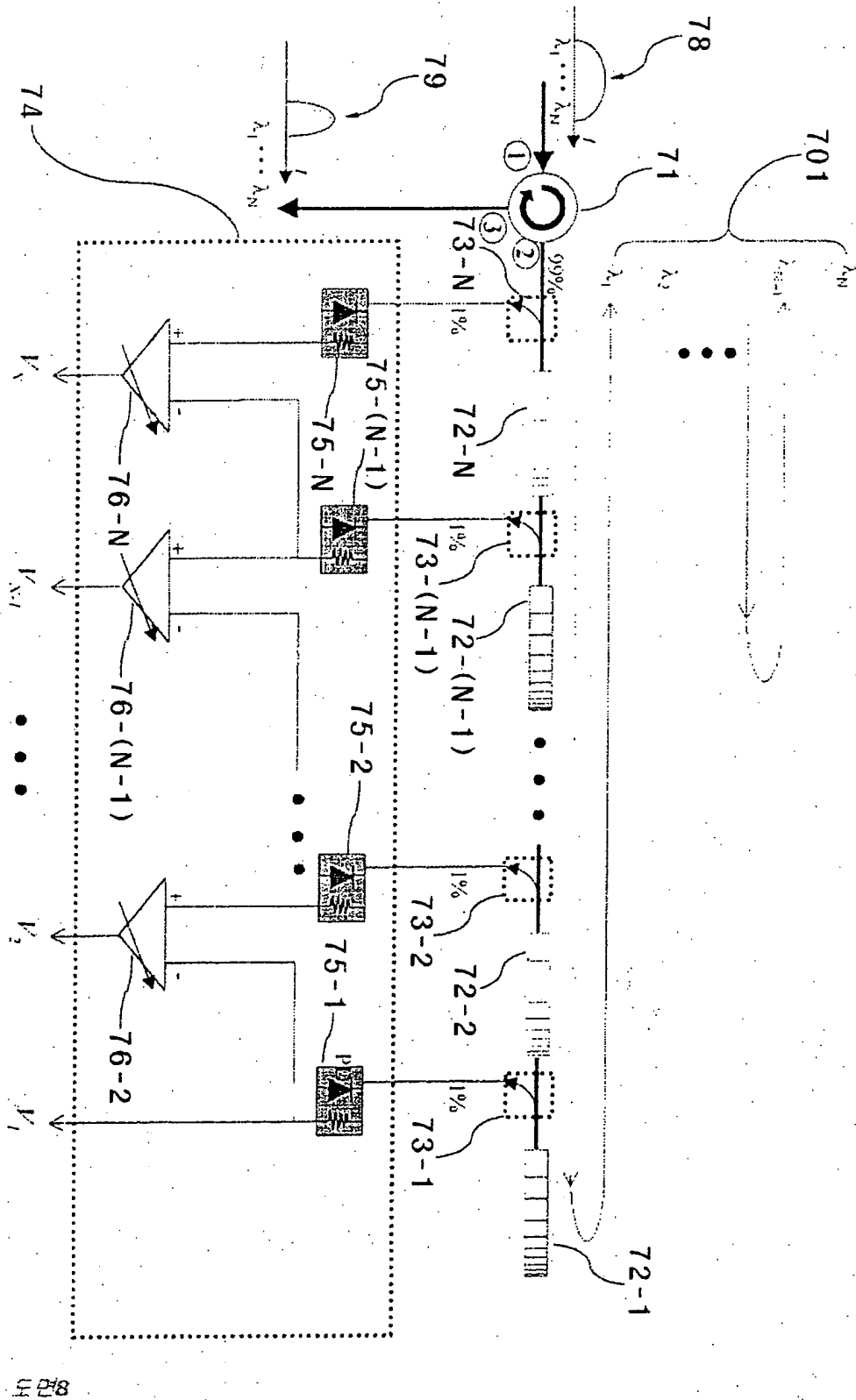
도면5

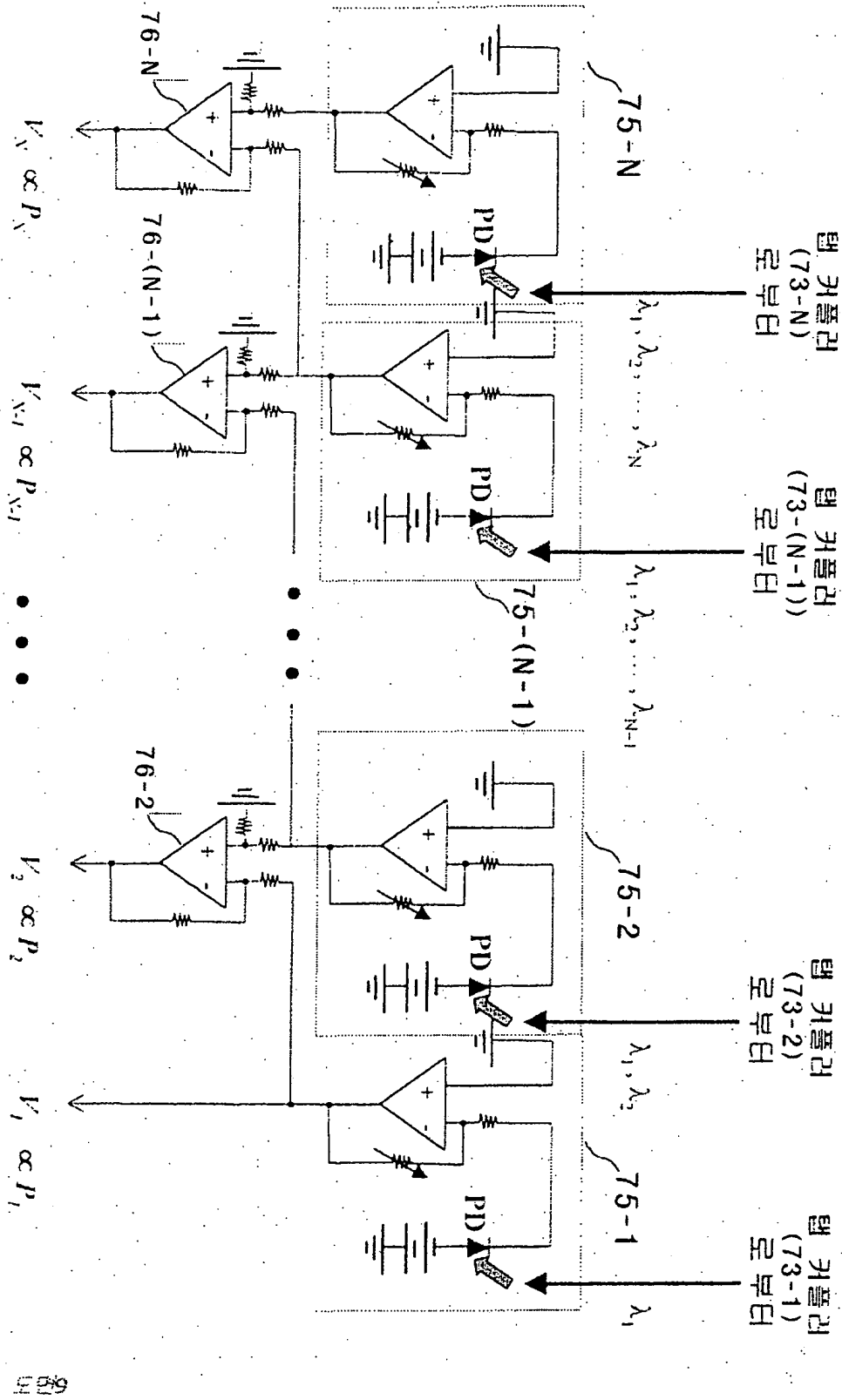


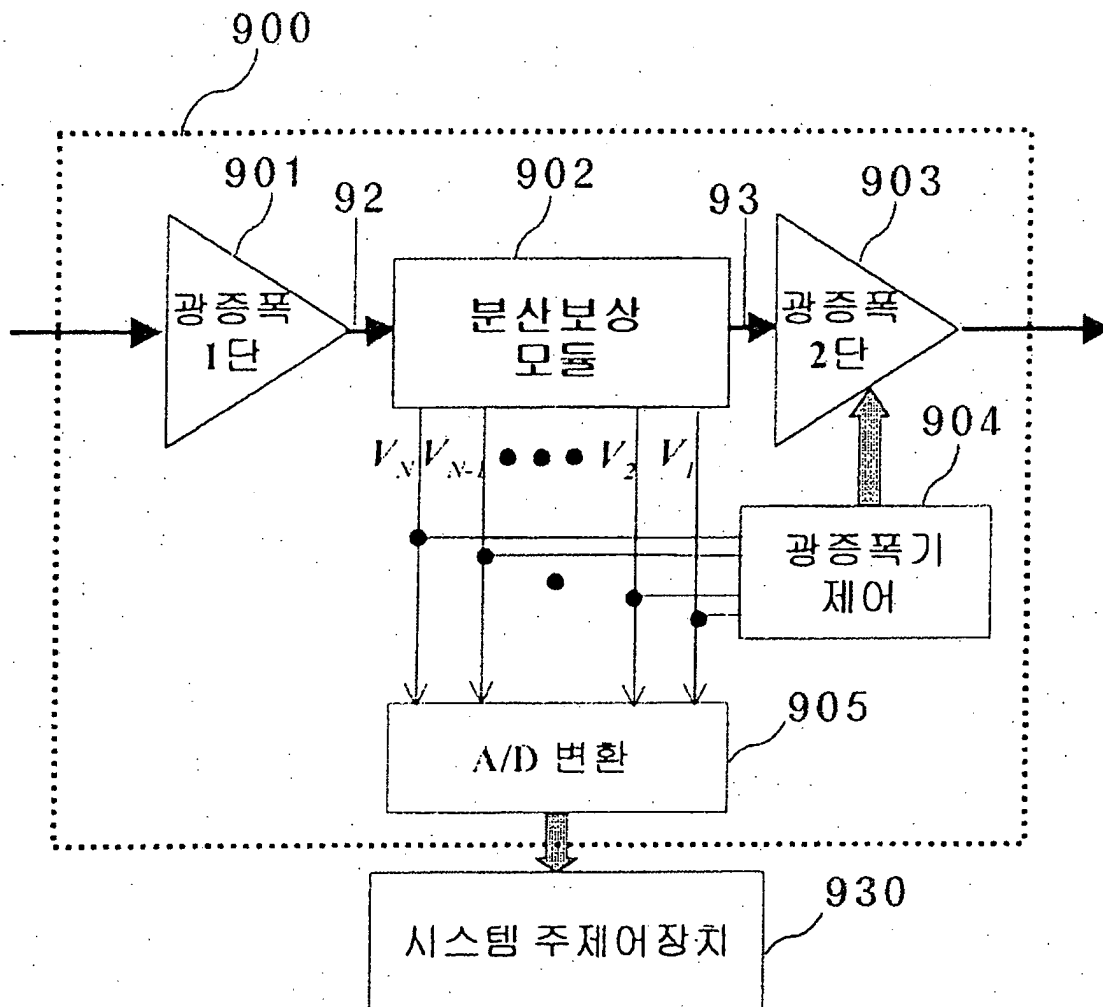
도 6





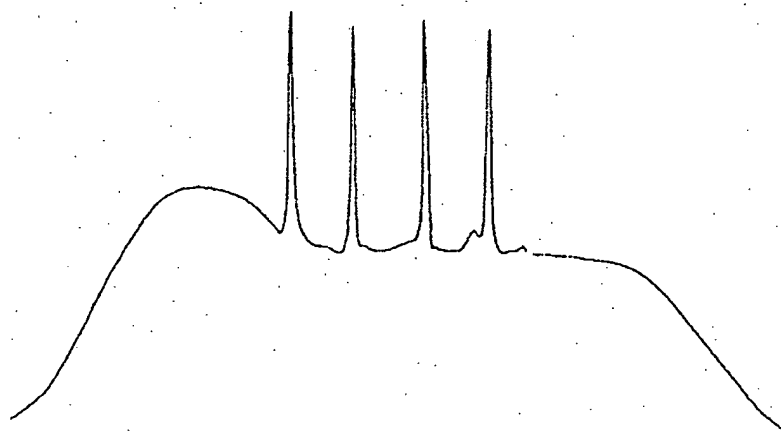




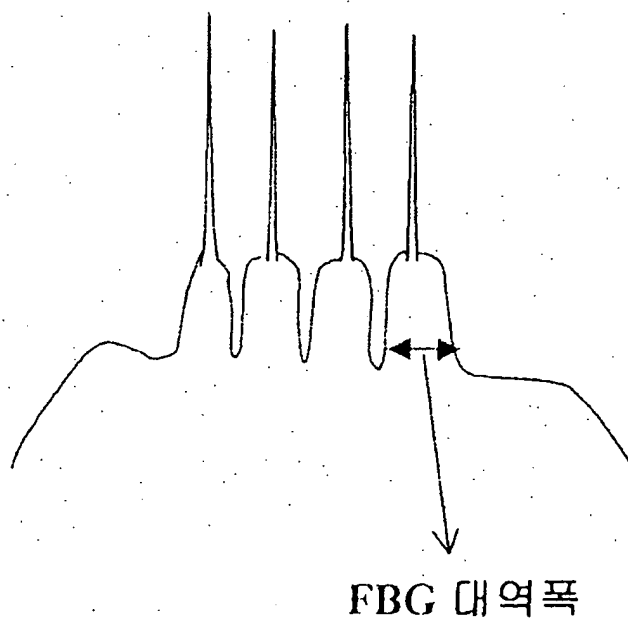


도면10

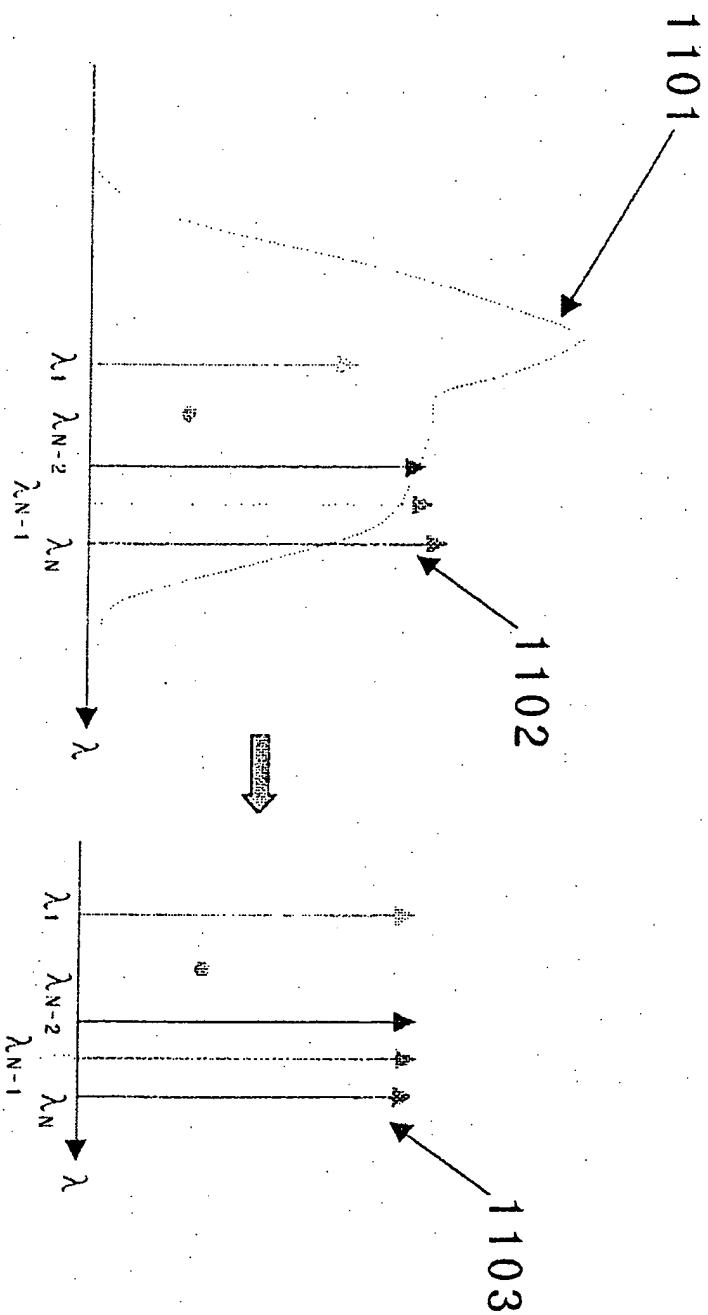
(a) 광증폭 1단 출력  
(제 9 도의 (92) )



(b) 분산보상 모듈 출력  
(제 9 도의 (93) )



도면11



도면 12

